



①9 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**
⑩ **DE 195 41 085 A 1**

⑤1 Int. Cl.⁸:
B 23 Q 5/28
B 23 K 26/00
B 26 F 3/00
B 25 J 9/00

②1 Aktenzeichen: 195 41 085.8
②2 Anmeldetag: 3. 11. 95
④3 Offenlegungstag: 7. 5. 97

DE 195 41 085 A 1

⑦1 Anmelder:
Brandstetter, Heinz Peter, Wien, AT

⑦4 Vertreter:
Viering, Jentschura & Partner, 80538 München

⑦2 Erfinder:
gleich Anmelder

⑤6 Entgegenhaltungen:
DE 9 21 558 U1

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤4 Bearbeitungsstand mit planaren elektromagnetischen Zwei-Koordinaten-Direktantrieben

⑤7 Bearbeitungsstand mit planaren elektromagnetischen Zwei-Koordinaten-Direktantrieben. Der Bearbeitungsstand ist mit mindestens zwei steuerbaren planaren luftgelagerten elektromagnetischen Zweikoordinaten-Direktantrieben versehen, wobei jeder Zweikoordinaten-Direktantrieb aus einem elektrisch erregbaren Antriebsteil, der Magnet- und Spulensysteme für zwei zueinander senkrechte Laufrichtungen aufweist, und aus einem plattenförmigen Passivteil ausgebildet ist, der auf einer Plattenseite ferromagnetisch und eben ist und mit der ferromagnetischen Seite eine Laufläche für den Antriebsteil bildet. Die Passivteile sind im Abstand voneinander mit einander zugewandten Lauflächen angeordnet und an beiden Lauflächen ist wenigstens je ein Antriebsteil zum Anbringen einer Bearbeitungs-, Handlungs- oder Entsorgungsvorrichtung an diesem Antriebsteil magnetisch aufgehängt. Die Bearbeitungsvorrichtung kann insbesondere eine Laser-Bearbeitungsvorrichtung oder eine Wasserstrahl-Bearbeitungsvorrichtung sein.

BEST AVAILABLE COPY

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

BUNDESDRUCKEREI 03. 97 702 019/302

14/25
RNS page 1

DE 195 41 085 A 1

Die Erfindung betrifft einen Bearbeitungsstand zur Bearbeitung von Werkstücken, bei dem die Bewegungen des Werkzeugs von einem luftgelagerten elektromagnetischen Zwei-Koordinaten-Direktantrieb, der bevorzugt als Schrittantrieb nach dem Sawyer-Prinzip aufgebaut ist, gesteuert werden.

In Bearbeitungsständen muß eine kontrollierte Relativbewegung zwischen Werkzeug und Werkstück ausgeführt werden, um das Werkstück an den gewünschten Stellen bearbeiten zu können. In Abhängigkeit vom Werkstück und vom Produktionsablauf wird bei Werkzeugmaschinen nur das Werkstück oder das Werkzeug während des Bearbeitungsprozesses bewegt, oder es findet eine Kombination von beiden Bewegungsabläufen statt. Besonders bei großen oder schweren Werkstücken ist es von Vorteil, im wesentlichen nur das Werkzeug zu bewegen, während das Werkstück ortsfest bleibt. Bei Laserbearbeitungsmaschinen muß zusammen mit der Fokussieroptik, die bei der Laserbearbeitung das Werkzeug bildet, ein Strahlführungssystem mit der Fokussieroptik oder Laseroptik mitbewegt werden. Das Strahlführungssystem kann z. B. von Lichtleitfasern oder von auf den Achsen mitgeführten Spiegeln, die den Strahl umlenken, oder von beweglichen Gelenkarmen mit Umlenkspiegeln ausgebildet werden. Auch bei anderen Fertigungsverfahren wie dem Wasserstrahl-schneiden wird häufig nur das Werkzeug bewegt. Ein Problem besteht oft darin, das Werkzeug möglichst flexibel und dabei mit hohen Geschwindigkeiten bei minimalen Positioniergenauigkeiten zu bewegen. Vielfach wird in Werkzeugmaschinen eine lineare Bewegung aus der Drehbewegung eines Antriebs und deren Bewegungsumwandlung mittels mechanischer Übertragungsglieder erzeugt. Systembedingt entstehen dadurch Nachteile wie Reibung, Spiel und elastische Verformung, wie dies z. B. von Zahnriemen, Zahnstangen/Ritzel-Kombinationen oder Kugelgewindetrieben bekannt ist.

Eine weitere mögliche Antriebsart für die Werkzeugbewegung stellt der elektromagnetische Direktantrieb dar.

Ein nach dem Sawyer-Prinzip aufgebauter elektromagnetischer Linearschrittantrieb ist beispielsweise aus der US-PS 3 857 075 bekannt. Hierbei weist der Antriebsteil, häufig auch als Läufer bezeichnet, des Linearschrittantriebs ein Permanent- und Elektromagnetensystem auf und wirkt mit einer auf einem Träger ausgebildeten Reihe von im Abstand voneinander verteilten ferromagnetischen Polen als Passivteil bewegungsantriebend zusammen.

Eine weitere Bauform für Direktantriebe stellt der sogenannte 2-Phasen-Hybrid-Schrittmotor dar, bei dem der Ankerteil für jede Bewegungskordinate zwei elektromagnetische Systeme in Form eines Permanentmagneten und zweier Steuerwicklungen aufweist. Mittels Preßluft wird zwischen dem Ankerteil und einer als Stator fungierenden Weicheisenplatte ein Luftspalt erzeugt. Der Anker und der Induktor haben periodische Zahnteilungen, die beim Ankerteil allerdings unterbrochen bzw. gegeneinander versetzt sind. Diese Versetzung der periodischen Zahnteilung des Ankerteils kann z. B. $1/2$, $1/4$ oder $3/4$ der Zahnteilung des Induktors betragen. Durch Erregen eines Pols (Zahns) wird eine tangential Magnetkraft erzeugt, die den erregten Pol relativ zur Zahnteilung des Induktors verschiebt und damit das Ankerteil um eine halbe Zahnbreite bewegt. Mit diesem Prinzip können auch 3-, 4- oder 5-Phasen-

triebe aufgebaut werden.

Direktantriebe der oben genannten Art haben eine hohe Dynamik, Stellgeschwindigkeit, Kompaktheit, Einfachheit, Stellgenauigkeit, Wiederholgenauigkeit und weitgehende Verschleiß- und Reibungsfreiheit, wodurch sie sich für die Zwecke der Erfindung bestens eignen. Die Permanentmagnete erlauben auch den Betrieb mit hängender Anordnung der bewegbaren Antriebsteile, wenn die magnetischen Kräfte die Gravitationskräfte um ein Mehrfaches übersteigen.

Aus dem DE-GBM-92 15 587.1 ist es beispielsweise bekannt, einen Zweikoordinatenschrittantrieb als flächigen (planaren) Zweikoordinatenantrieb auszubilden, bei dem ein Gestellteil den Passivteil des Antriebs bildet und aus einer horizontalen Platte besteht, an deren Unterseite in x- und y-Richtungen verlaufende, einander senkrecht kreuzende Reihen ferromagnetischer Pole angeordnet sind. Der elektrisch aktivierbare Antriebsteil wird von einem über die Plattenfläche verfahrbaren Schlitten ausgebildet, der eine wesentlich kleinere Grundfläche als die Fläche des plattenförmigen Passivteils aufweist, wobei der Antriebsteil und der Passivteil in zwei zueinander senkrechten Koordinatenrichtungen verfahrbar magnetisch zusammenwirkend ausgebildet sind und der Antriebsteil magnetisch an dem Passivteil aufgehängt ist. Mit diesem Zwei-Koordinatenstellantrieb wird eine Fokussieroptik eines Materialbearbeitungslasers bewegt.

Bei vielen Fertigungsverfahren entstehen während des Fertigungsprozesses, wie beim Laserbrennschneiden, Laserschmelzschnitten oder beim Wasserstrahlschneiden, und infolge des Materialabtrags am Werkstück Nebenprodukte wie Gase, Dämpfe, Staub, Metallspritzer etc., die zur Sicherstellung eines gleichbleibenden Bearbeitungsergebnisses, aus Umwelt-schutzgründen und zur Aufrechterhaltung der Funktionstüchtigkeit der Werkzeugmaschine abgesaugt, aufgefangen und entsorgt werden müssen. Herkömmliche Schneidanlagen sehen dafür eine Absaugvorrichtung vor, die ortsfest unter der Bearbeitungsfläche angeordnet ist und einzelne Kammern aufweist, wobei jeweils diejenigen Kammern, über denen gerade gearbeitet wird, mit einem Absauggebläse verbunden sind. Eine andere bekannte Maßnahme besteht darin, einen über die gesamte Breite der Bearbeitungsfläche verlaufenden schmalen Absaugkanal mitzuführen. Bei allen diesen Absaugsystemen ist eine hohe Saugleistung erforderlich, da die angeschlossenen Kammern im Vergleich zur Bearbeitungsfläche deutlich größere Dimensionen haben. Bei Hybridanlagen (Portalanlagen), bei denen das Werkstück in einer Richtung und das Werkzeug in der anderen Richtung verfährt, sind auch Absaugsysteme bekannt, die über einen eigenen Antrieb die Absaugvorrichtung unter der Bewegungsachse des Werkzeugs mitführen.

Durch die Erfindung wird die Aufgabe gelöst, einen Bearbeitungsstand zu gestalten, bei dem ein oder mehrere Werkzeuge mit möglichst großer Geschwindigkeit und Flexibilität relativ zu einem Werkstück bewegt werden und so aufgebaut ist, daß auch Werkstücke mit unhandlichen Werkstückgeometrien bearbeitet werden können.

Dies wird erfindungsgemäß dadurch erreicht, daß der Bearbeitungsstand zwei steuerbare, luftgelagerte elektromagnetische Zweikoordinatendirektantriebe aufweist, wobei jeder Zweikoordinaten-Direktantrieb aus einem elektrisch erregbaren Antriebsteil, der Magnet- und Spulensysteme für zwei zueinander senkrechte

Laufrichtungen aufweist, und aus einem plattenförmigen Passivteil ausgebildet ist, der auf einer Plattenseite ferromagnetisch und eben ist und mit der ferromagnetischen Seite eine Laufläche für den Antriebsteil bildet, wobei die Passivteile im Abstand voneinander mit einander zugewandten Lauflächen angeordnet sind und an beiden Lauflächen mindestens je ein Antriebsteil zum Anbringen einer Bearbeitungs-, Handling- oder Entsorgungsvorrichtung an diesem Antriebsteil magnetisch auf gehängt ist. An der einen Laufläche kann ein ein Werkzeug tragender Antriebsteil magnetisch aufgehängt sein, und an der anderen Laufläche kann ein Antriebsteil z. B. mit einer Entsorgungsvorrichtung, einer Handlingvorrichtung oder einer weiteren Bearbeitungsvorrichtung magnetisch auf gehängt sein. Wenn einer der Antriebsteile eine Entsorgungsvorrichtung aufweist, ist es möglich, das Werkzeug und die Entsorgungsvorrichtung mithilfe der zugeordneten Steuerung synchron zueinander zu bewegen, wobei die Bewegung der Entsorgungsvorrichtung der Bewegung des Werkzeuges unter Berücksichtigung verfahrensabhängiger Abläufe angepaßt werden kann. Gggf. können auch andere Antriebsteile, die eine Entsorgungsvorrichtung nicht aufweisen, gesteuert synchron zueinander bewegt werden. Da die Entsorgungsvorrichtung ständig mitgeführt wird, reicht eine vergleichsweise kleine Saugleistung aus, die Bearbeitungsfläche und die Bearbeitungsstation sauberzuhalten.

Alle Antriebsteile sind über flexible Leitungen mit stationären Versorgungseinheiten, wie einer Steuereinheit, insbesondere Programmsteuereinheit, zur Steuerung der Bewegung der Antriebsteile, einer Druckluftquelle für die Luftlagerung der Antriebe, ggf. einer Gasversorgungsquelle oder einer Druckwasserquelle, ggf. einer pneumatischen, hydraulischen oder elektrischen Steuereinrichtung zur Steuerung einer Bewegung der Werkzeuge in einer dritten Koordinatenrichtung und/oder einer Antriebsbewegung der Werkzeuge relativ zu dem jeweiligen Antriebsteil, und dergl. verbunden.

Desweiteren bietet der Bearbeitungsstand mit zwei Lauflächen den Vorteil, daß ein zwischen den Passivteilen angeordnetes Werkstück beidseitig bearbeitet werden kann, falls an beiden Lauflächen je ein Antriebsteil mit einem Werkzeug daran aufgehängt wird.

Ferner ist es möglich, mehrere gesondert gesteuerte Antriebsteile mit Werkzeugen, Entsorgungsvorrichtungen und Manipulatoren gleichzeitig an den Lauflächen anzuordnen, wodurch der Produktionsablauf erheblich beschleunigt werden kann, da das Werkstück an verschiedenen Stellen simultan mit den gleichen oder mit unterschiedlichen Werkzeugen bearbeitet werden kann. So ist es z. B. möglich, das Werkstück an einer Stelle mit einem Laserstrahl hoher Leistung zu schneiden und gleichzeitig an einer anderen Stelle mit einem Laserstrahl geringerer Leistung zu beschriften. Eines oder mehrere der Antriebsteile können auch Manipulatoren mit einer Werkstückaufnahmevorrichtung, einem Greifer oder einem Sauger aufweisen, so daß das Werkstück, während der Bearbeitung abgestützt, um ein vorbestimmtes Maß zwischen zwei Bearbeitungsschritten bewegt, entnommen und/oder zu einer bestimmten Stelle des Bearbeitungsstandes bewegt werden kann. Dadurch können mehrere Vorgänge wie Bearbeiten, Beschieken, Entnehmen, Sortieren und Weitertransportieren gleichzeitig ausgeführt werden, wobei ein weiterer Vorteil ist, daß das Umrüsten des Bearbeitungsstandes schnell und ohne großen Aufwand durchführbar ist, da nur die Antriebsteile ausgetauscht werden müssen. Es ist auch

möglich, an einem der Antriebsteile, beispielsweise an einem ein Werkzeug tragenden Antriebsteil oder einem gesonderten Antriebsteil einen ggf. ausfahrbaren Mitnehmer, Greifer oder dergl. vorzusehen, mit dem eine in Führungen bewegbare Werkstückauflage, wie z. B. ein Schneidrost, in der einen oder der anderen Koordinatenrichtung oder in beiden Koordinatenrichtungen bewegt werden kann, um das darauf abgestützte Werkstück neu zu positionieren und daher den Arbeitsbereich zu erweitern.

In einer vorteilhaften Ausführungsform der Erfindung ist wenigstens eine der Lauflächen mit einer Abdeckung versehen, die eine beliebige Bewegung eines oder mehrerer Antriebsteile auf seiner Laufläche ohne hohen Widerstand zuläßt und dabei die Laufläche vor während des Bearbeitungsprozesses entstehenden Spritzern, Kleinteilen oder Schnittresten schützt. Diese Abdeckung kann von einem Faltenbalg, einer Rollabdeckung oder von teleskopartig übereinandergeschobenen Platten derart ausgebildet werden, daß die auf die Abdeckung fallenden Teile automatisch von der Abdeckung herunterfallen, wenn die Antriebsteile eine Randposition der Laufläche anfahren.

Ein weiterer Vorteil der Erfindung besteht darin, daß die die Passivteile bildenden Platten in Sandwichbauweise hergestellt werden können, so daß nur eine dünne Schicht als Laufläche ferromagnetisch und hocheben ausgebildet ist, während eine Basisplatte aus einem leichten, verzugsarmen Material wie Polymerbeton, mit Stahl armiertem Polymerbeton, verstärkten Kunststoffen etc. hergestellt wird. Dies bringt neben deutlich geringeren Kosten aufgrund der erheblichen Gewichtseinsparung im Vergleich zu herkömmlichen Werkzeugmaschinen den weiteren Vorteil, daß für die Tragekonstruktion der Platten nur einfache Stützen benötigt werden.

In einer weiteren Abwandlung der Erfindung sind die Passivteile höhenverstellbar zueinander ausgeführt, so daß anstelle einer dritten Achse für das Werkzeug nur die Abstände der Lauflächen voneinander bzw. relativ zum Werkstück verändert werden, wodurch der Bearbeitungsstand ohne aufwendige Steuerung für Werkstücke mit unterschiedlichen Abmessungen einsetzbar ist. Sollte eines der verwendeten Werkzeuge, z. B. die Fokussieroptik für einen Laser, eine dritte Achse aufweisen, kann zumindest der Hub dieser dritten Achse reduziert werden, so daß z. B. bei Laseroptiken oder Wasserstrahldüsen weitere Vorteile erzielt werden.

Aufgrund der Magnetaufhängung der Antriebe an den Lauflächen und der relativ leichten Passivteile können die Lauflächen beliebig zueinander und beliebig relativ zu einem Hallen- oder Werkstattbodens aufgestellt werden. Bei Verwendung einer geeigneten Schwenkvorrichtung können die Passivteile auch schräg zum Boden geneigt werden, falls die Geometrien des Werkstücks dieses erfordert bzw. die Bearbeitung des Werkstücks dadurch erleichtert wird. In diesem Fall ist es auch möglich, die beiden Lauflächen der Passivteile nicht parallel zueinander, sondern in einem Winkel zueinander auszurichten. Auch ist es möglich, die Passivteile mit ihren Lauflächen im wesentlichen vertikal auszurichten.

In einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung sind jedoch die Lauflächen horizontal angeordnet. Bei horizontal angeordneten Lauflächen wird das die untere Laufläche tragende Passivteil auf dem Boden abgestützt. Eine Veränderung der Höhe des unteren Passivteils über dem Boden, und damit der Abstand dieser

unteren Lauffläche zu einem Werkstück, das zwischen den Laufflächen mit einer Werkstückaufnahme gehalten wird, kann z. B. durch Abstützen des unteren Passivteils auf einem Scherenhubtisch realisiert werden. Es kann aber auch eine andere Abstützvorrichtung mit mechanischer, hydraulischer pneumatischer oder anderer Höhenverstellung eingesetzt werden.

Bei dem vorgenannten Ausführungsbeispiel kann das obere Passivteil an der Decke oder Wand des den Bearbeitungsstand umgebenden Gebäudes abgestützt werden. Dies hat den Vorteil, daß der Bearbeitungsstand von allen Seiten frei zugänglich ist. Da für die Bearbeitungsvorrichtungen in der Regel Versorgungsquellen wie eine Laserquelle bei der Laserbearbeitung, Wasserquelle und Wasserdruckerzeuger bei der Wasserstrahlbearbeitung, Kühl- und Steuervorrichtungen und andere benötigt werden, können diese entweder alle an einer Seite des Bearbeitungsstandes angeordnet werden oder in ausreichender Entfernung so aufgestellt werden, daß eine Beschickung des Bearbeitungsstandes von allen Seiten möglich ist. Dies hat den besonderen Vorteil, daß der Bearbeitungsstand, obwohl die Laufflächen auf beispielsweise 1,5 m mal 3 m Arbeitsbereich beschränkt sind, auch bei der Bearbeitung großer Werkstücke eingesetzt werden kann. Dies hat vor allem für den Schiffsbau, Metall- und Fassadenbau oder bei der Bearbeitung von Coil (aufgewickelter Blechband) Vorteile, bei denen die Werkstücke vergleichsweise große Abmessungen haben. Ein Nachsetzen des Werkstücks in alle Richtungen ohne prinzipielle Umbauten an dem Bearbeitungsstand ist somit möglich.

In einer weiteren Ausführungsform ist der erfindungsgemäße Bearbeitungsstand in einem Transportcontainer untergebracht. Hierbei werden die beiden Laufflächen an zwei einander gegenüberliegenden Wänden des Transportcontainers ausgebildet. Bevorzugt werden dafür die Wände mit den größten Abmessungen verwendet. Geeignete Transportcontainer sind in der Anschaffung relativ preiswert, insgesamt aber so stabil, daß sie auf jeder Seitenwand abgestellt werden können. Werden die beiden Laufflächen in einem Container an einander gegenüberliegenden Wänden angeordnet, können die Laufflächen entsprechend der Werkstückgeometrie horizontal oder vertikal aufgestellt werden. Die praktische Bedeutung der Anordnung der Laufflächen ist sehr vielfältig. Aufgrund der festen Verankerung der Passivteile im Container kann der Bearbeitungsstand leicht transportiert werden, ist kostengünstig und sehr flexibel sowohl in der Auswahl der einsetzbaren Werkzeuge als auch in der Wahl der zu bearbeitenden Werkstücke. Bei besonders schweren Werkstücken kann das Werkzeug zum Werkstück transportiert werden, ohne daß Nachteile in der Bearbeitungsgenauigkeit in Kauf genommen werden müssen, da die Direktantriebe ein äußerst präzises Steuern der Werkzeuge ermöglichen. Bei begrenztem Platzbedarf oder falls kurzfristig zusätzliche Kapazitäten bei der Bearbeitung von Werkstücken benötigt werden, kann ein in Containern untergebrachter Bearbeitungsstand auch außerhalb von Gebäuden angeordnet werden. Zur Erhöhung der Flexibilität des in Containern untergebrachten Bearbeitungsstandes können die Container abmontierbare Seitenwände aufweisen, so daß eine Beschickung der Anlage von mehreren Seiten möglich wird. Desweiteren können die Versorgungsquellen für die an den Antriebsteilen befestigten Werkzeuge in weiteren Containern untergebracht werden, so daß diese ebenfalls leicht transportiert werden können. Der Be-

arbeitungsstand wird dadurch am Einsatzort in Betrieb genommen, daß an den Laufflächen die Antriebsteile mit den Bearbeitungs- oder Entsorgungsvorrichtungen aufgehängt werden und die Bearbeitungsvorrichtungen an ihre Versorgungsquellen angeschlossen werden.

Neben vielen Anwendungsgebieten bei großflächigen 2D-Bearbeitungsständen mit leichten bis mittelschweren Werkzeugen ist der erfindungsgemäße Bearbeitungsstand bevorzugt für die Laserbearbeitung einsetzbar. Weitere vorteilhafte Ausführungsformen der Erfindung betreffen einen Bearbeitungsstand für die Laserbearbeitung, besonders eine Laserschneidanlage für Bleche und andere plattenförmige Werkstücke. Der Vorteil der hohen Verfah- und Positioniergeschwindigkeiten der elektromagnetischen Direktantriebe von bis zu 60 m/min und darüber kommt hierbei sowohl hinsichtlich der Wirtschaftlichkeit als auch des geringen Konstruktionsaufwandes voll zur Geltung. Eine Fokussieroptik für die Laserbearbeitung wiegt im allgemeinen maximal zwischen 5 und 50 kg und kann daher mittels des ohnehin vorhandenen Permanentmagnetensystems mitsamt dem Antriebsteil magnetisch aufgehängt werden. Mindestens an einem an der oberen Lauffläche aufgehängten Antriebsteil wird eine Fokussieroptik entweder zusammen mit einer Laserquelle, z. B. bei ND-YAG-Lasern, oder mit einem Strahlzuführungssystem für einen Laserstrahl angebracht.

Im letzteren Fall werden die den Laserstrahl versorgende Laserquelle, die mit dem jeweiligen Antriebsteil über flexible Leitungen, wie Steuerleitungen und Luftzuleitungen verbundenen Steuerungs- und Versorgungssysteme für die Zwei-Koordinatenschrittmotoren und die der Entsorgungsvorrichtung dienenden Geräte vorzugsweise an der einen Seite des Bearbeitungsstandes aufgestellt. Dadurch ist der Bearbeitungsstand von drei Seiten frei zugänglich, wodurch er für eine Automatisierung der Produktionsabläufe hervorragend geeignet ist, da eine Beschickung und Entladung des Bearbeitungsstandes von drei Seiten und somit auch ein durchgehender Materialfluß, d. h. Beschickung von einer Seite und Entnahme von einer anderen Seite, oder wechselseitig Beschickung und Entnahme von einer Seite u. a. ermöglicht werden. Der Laserstrahl muß dazu über ein Strahlführungssystem von der Laserquelle zur Laseroptik geleitet werden, ohne die Bewegungsfreiheit eines Antriebsteils einzuschränken. Für eine Schneidbearbeitung mit einem heute hauptsächlich verwendeten CO₂-Laser hoher Strahlungsleistung bei guter Fokussierbarkeit können Spiegelgelenkarme verwendet werden, die die erforderliche Anzahl von Gelenken haben, so daß die Fokussieroptik durch den Antrieb beliebig gelenkt werden kann. Flexible Lichtleitfasern sind zur Zeit bei CO₂-Lasern nicht einsetzbar, kommen aber bei anderen Lasern häufig zum Einsatz.

Außer für die Laserbearbeitung eignet sich der erfindungsgemäße Bearbeitungsstand auch z. B. für die Wasserstrahlbearbeitung, für die prinzipiell die gleichen Vorteile wie bei der Laserbearbeitung gelten. Besonders vorteilhaft erweist sich, daß der Bearbeitungsstand ohne großen Aufwand von der Laserbearbeitung zur Wasserstrahlbearbeitung und umgekehrt umgerüstet werden kann, da bei Vorhandensein der Versorgungsquellen für das jeweilige Bearbeitungsmittel nur die an den Laufflächen aufgehängten Werkzeuge ausgetauscht zu werden brauchen.

Eine weitere vorteilhafte Ausführungsform der Erfindung besteht darin, daß die Entsorgungsvorrichtung aus einem trichterförmigen Bauteil und einem daran ange-

ordneten Absaugschlauch besteht, der mit einem außerhalb des Bearbeitungsstandes oder unterhalb des unteren Passivteils aufgestellten Absauggebläse verbunden ist. Durch den Trichter kann u. a. vermieden werden, daß Kleinteile oder Abfallreste neben die Entsorgungsvorrichtung fallen. Während die Kleinteile beispielsweise mit einer teleskopartig längenverstellbaren Entsorgungsrutsche entsorgt werden können, können gleichzeitig mit dem Absauggebläse mit einer im Vergleich zu herkömmlichen Entsorgungsvorrichtungen wesentlich kleineren Saugleistung die bei der Bearbeitung entstehenden Dämpfe abgesaugt werden, da die Entsorgungsvorrichtung jederzeit an die durch das Bearbeitungsverfahren bestimmte günstigste Position verfahrbar ist.

Die Erfindung wird anhand von Ausführungsformen erläutert, die schematisch aus den Zeichnungen ersichtlich sind. Die Zeichnungen zeigen:

Fig. 1 eine Vorderansicht eines Bearbeitungsstandes gemäß einer möglichen Ausführungsform der Erfindung,

Fig. 2 schematisch eine Draufsicht des Bearbeitungsstandes aus Fig. 1,

Fig. 3 eine Skizze der Verfahrenswege eines Antriebsteils mit Strahlführungssystem mit Spiegelgelenken,

Fig. 4 eine schematische Draufsicht auf einen Bearbeitungsstand mit zwei Werkzeugen in einem Produktionsablauf,

Fig. 5 schematisch eine Seitenansicht einer Ausführungsform, in der die Bearbeitungsvorrichtung in einem Container und die Versorgungsquellen für die Bearbeitungsvorrichtung in einem zweiten Container untergebracht sind,

Fig. 6 schematisch eine Draufsicht auf die in Fig. 5 gezeigte Ausführungsform entlang der Linie A-A in Fig. 5.

Fig. 7 eine schematische Darstellung eines Strahlführungssystems mit zwei vertikalen Drehachsen, drei horizontalen Drehachsen, einem verschiebbaren Umlenkspiegel und vier 90°-Umlenkspiegeln,

Fig. 8 ein Antriebsteil mit einer Entsorgungsvorrichtung zur Entsorgung von Bearbeitungsabfall über eine an einem ihrer Enden ortsfesten teleskopartigen Entsorgungsrutsche,

Fig. 8A eine Schnittansicht der Entsorgungsvorrichtung aus Fig. 8 entlang D-D in Fig. 8, und

Fig. 9 ein Antriebsteil mit einer Entsorgungsvorrichtung zur Entsorgung von Bearbeitungsabfall über eine an einem ihrer Enden mitgeführte teleskopartige Entsorgungsrutsche.

In den Fig. 1 und 2 ist in Vorderansicht bzw. in Draufsicht eine Ausführungsform eines Bearbeitungsstandes für die Laserbearbeitung mit einem an einer einfachen Rahmenkonstruktion 8 aus Stützen 16 angeordneten oberen Passivteil 1 und einem an der Rahmenkonstruktion 8 oder an einer zweiten Rahmenkonstruktion oder Halterung (nicht gezeigt) angeordneten unteren Passivteil 2 gezeigt. An dem oberen Passivteil ist ein Antriebsteil 3 mit daran angeordneter Laser-Fokussieroptik 4 magnetisch aufgehängt, während der Antriebsteil 5 auf dem unteren Passivteil aufsitzt und eine Entsorgungsvorrichtung 6 trägt, die mit einem Schlauch 13 mit einer Absaugvorrichtung 12 und mit einer Entsorgungsrutsche 14 mit einem Abfallbehälter verbunden ist. Zwischen dem oberen Passivteil 1 und dem unteren Passivteil 2 ist ein Wechseltisch mit einem Rost 7 gezeigt, der zur Aufnahme eines nicht gezeigten Werkstücks dient bzw. an dessen Stelle ein Werkstück mittels anderer Haltevorrichtungen angeordnet werden kann. An der Laserquel-

le 10 tritt der Laserstrahl horizontal aus und wird mit einem entlang einer Schiene 9 mitbewegten 90°-Spiegel 15 in vertikale Richtung umgelenkt. Der Strahl wird über Umlenkspiegel und einen teleskopartig längenverstellbaren Gelenkarm 17 zu einem weiteren Umlenkspiegel 18 geleitet, der an dem Antriebsteil 3 der Laseroptik 4 angeordnet ist. Mit einer Steuerung 11 können die Antriebsteile 3 und 5 und die an den Antriebsteilen befestigten Bearbeitungs- und Entsorgungsvorrichtungen sowie deren Versorgungsquellen und Manipulatoren 19 zum Handling der zu bearbeitenden Werkstücke gesteuert werden.

Anstelle einer Entsorgungsvorrichtung kann an dem unteren Antriebsteil oder einem nicht gezeigten weiteren Antriebsteil ein weiteres Werkzeug, z. B. eine weitere Fokussieroptik befestigt werden, mit dem die gleiche Bearbeitungsaufgabe wie mit der an dem oberen Antriebsteil befestigten Fokussieroptik oder auch eine andere Bearbeitungsaufgabe durchgeführt werden kann. Die beidseitige Bearbeitung eines Werkstückes kann beispielsweise beim Laserschweißen zu einer erheblichen Verbesserung der Schweißnaht führen, wobei desweiteren in hohem Maße Freiheit in dem Verlauf der Schweißnaht sowohl bei einseitiger als auch bei beidseitiger Bearbeitung besteht.

In der Fig. 1 sind an der oberen Lauffläche ein weiterer Laserbearbeitungskopf 45 mit Strahlzuführung mittels eines Lichtwellenleiters z. B. zur Beschriftung des Werkstückes gezeigt. Mit an den Laufflächen zusätzlich angeordneten Antriebsteilen mit Manipulatoren 19 kann das Werkstück während der Bearbeitung bewegt werden bzw. bearbeitete oder Restteile auf ein Förderband 43 gelegt und von diesem zu einem Teilebehälter 44 gefördert werden.

Fig. 3 skizziert die Verfahrenswege eines Strahlführungssystems für frei bewegbare Antriebsteile. Das Strahlführungssystem weist zwei vertikale Schwenkachsen 1', 2' bzw. 2'' auf, die ein Schwenken des Antriebsteil 3 um die Laserquelle 10 erlauben, wobei das Strahlführungssystem die Änderung der Strahlänge rechnerisch innerhalb der Kreisradien L_{min} und L_{max} begrenzt.

Fig. 4 zeigt einen in einen Produktionsablauf integrierten Bearbeitungsstand mit zwei auf einer Seite des Bearbeitungsstandes aufgestellten Laserquellen. Der Bearbeitungsstand ist von drei Seiten frei zugänglich, wodurch sowohl ein linearer Materialfluß als auch ein Materialfluß über drei Stationen ermöglicht wird.

In den Fig. 5 und 6 ist eine Ausführungsform der Erfindung gezeigt, in der die den Bearbeitungsstand ausbildenden Passivteile an zwei einander gegenüberliegenden Seiten eines ersten Containers 20 angeordnet sind, der eine Bearbeitungszelle bildet, und seitlich des Containers 20 ein zweiter Container 30 als Versorgungsquelle aufgestellt ist, in dem die Versorgungsquellen, z. B. der Laser 31, ein Versorgungsschrank 32 des Lasers, eine Wasserkühlung 33 für den Laser, eine Lasergasbatterie 34, ein Absaugventilator 35, an dem ein flexibler Schlauch 40 angeschlossen ist, eine Steuerung mit Bedienpult 37 und eine abgestützte Führungsschiene 38 für das Strahlführungssystem 39 angeordnet werden können. In der Bearbeitungszelle 20 sind die beiden Passivteile 21, 22 mittels Befestigungseinrichtungen 28, 29 mit einander gegenüberliegenden Laufflächen befestigt, an denen zwei Antriebsteile 23, 25 aufgehängt sind bzw. aufsitzten, wobei an dem oberen Antriebsteil 23 eine Fokussieroptik 24, befestigt ist, der mittels des Strahlführungssystems 39 ein Laserstrahl zugeführt

wird. Ein Werkstück wird bei der gezeigten Ausführungsform mittels zweier in einer Schienenführung 26 geführter Schneidroste 27a, 27b wechselseitig in die Bearbeitungszone eingeführt. Alternativ kann Band- oder Endlosmaterial linear durch die Bearbeitungszone 20 hindurchgeführt werden, bzw. eine andere bekannte Werkstückwechselvorrichtung verwendet werden.

Zum Einrichten des Bearbeitungsstandes brauchen die beiden Container nicht exakt aufeinander ausgerichtet zu werden. Zum Transport ist nur ein Abmontieren des Strahlführungssystems 39, des Schlauches 40 und der nicht gezeigten Steuerkabel, die die Direktantriebe mit dem Steuerpult verbinden, vom jeweiligen Direktantrieb erforderlich, ohne daß das Strahlführungssystem von der Laserquelle abmontiert wird, so daß die optische Justierung für die Strahlführung erhalten bleibt. Das Strahlführungssystem kann dann für den Transport in dem die Laserquelle enthaltenen Container untergebracht werden. Entsprechend ist es auch möglich, die Strahlführungseinheit mitsamt dem zugeordneten Antriebsteil aus dem Bearbeitungscontainer abzumontieren und in dem Versorgungscontainer unterzubringen.

In Fig. 7 ist ein Strahlführungssystem gezeigt, das Bewegungen des Antriebsteils parallel zur Lauffläche zuläßt und auch bei geneigten oder höhenverstellbaren Passivteilen verwendbar ist. Dazu weist das Strahlführungssystem einen verschiebbaren ersten Umlenkspiegel 15, einen Umlenkspiegel an dem die Laseroptik tragenden Antriebsteil und drei weitere Umlenkspiegel 46 bis 48 im Strahlengang auf, die jeweils den Laserstrahl um 90° umlenken. Jeweils zwei Umlenkspiegel sind schwenkbar miteinander verbunden, so daß insgesamt fünf Schwenkachsen, nämlich drei horizontale 3', 4' und 5' und zwei vertikale Schwenkachsen 1' und 2' vorhanden sind. Anstelle den Umlenkspiegel 15 verschiebbar zu machen, können die Umlenkspiegel 47 und 48 auch mittels eines längenverstellbaren Teleskoparmes miteinander verbunden werden.

In Fig. 8 ist eine Entsorgungsvorrichtung mit einer teleskopartig längenverstellbaren Entsorgungsrutsche 50 gezeigt. Fig. 8A zeigt eine Seitenansicht der mit einem ihrer Enden an einem Antriebsteil 51 angeordneten Rutsche 50. Oberhalb einer Säule 52 ist das eine Ende der Rutsche mittels eines Kugelgelenks 53 und eines Kugellagers 54 schwenkbar befestigt. Zum Absaugen von bei der Bearbeitung eines Werkstückes entstehenden Dämpfen ist ein mit einem Schutzsieb gegen Kleinteile versehener Trichter vorgesehen, so daß Kleinteile neben dem Trichter auf die Entsorgungsrutsche fallen und mit dieser aufgrund ihrer Neigung zu einem außerhalb der Standfläche der Passivteile aufgestellten Abfallbehälter (nicht gezeigt) transportiert werden. Die Entsorgungsrutsche ist z. B. an diesem Abfallbehälter mittels eines Gelenkes 58 schwenkbar gelagert, so daß sich das die Entsorgungsrutsche bewegende Antriebsteil nahezu ungehindert bewegen kann.

Fig. 9 zeigt prinzipiell eine Entsorgungsvorrichtung mit einer Entsorgungsrutsche 50, deren eines Ende mit einem Antriebsteil 60 verbunden ist, deren anderes mittels eines Hilfsantriebs 61 für eine Richtungscoordinate parallel zum Bearbeitungsstand mitbewegt wird. Der Hilfsantrieb kann entweder ebenfalls auf der Lauffläche des Bearbeitungsstandes angeordnet werden, die das die Entsorgungsvorrichtung tragende Antriebsteil aufweist, oder auf einer zusätzlichen, außerhalb des Bearbeitungsstandes angeordneten Lauffläche aufgesetzt werden (nicht gezeigt). Von der Rutsche 50 herabfallende Kleinteile werden über das Förderband 43 abgeführt.

Die Vorteile dieser Entsorgungsvorrichtung sind u. a., daß die Länge der Entsorgungsrutsche minimiert wird und der die Entsorgungsvorrichtung tragende Antriebsteil, falls dieser mit dem Hilfsantrieb synchron bewegt wird, geringere Widerstandskräfte überwinden muß.

Patentansprüche

1. Bearbeitungsstand mit mindestens zwei steuerbaren planaren luftgelagerten elektromagnetischen Zweikoordinaten-Direktantrieben, wobei jeder Zweikoordinaten-Direktantrieb aus einem elektrisch erregbaren Antriebsteil (3, 5), der Magnet- und Spulensysteme für zwei zueinander senkrechte Laufrichtungen aufweist, und aus einem plattenförmigen Passivteil (1, 2) ausgebildet ist, der auf einer Plattenseite ferromagnetisch und eben ist und mit der ferromagnetischen Seite eine Lauffläche für den Antriebsteil bildet, wobei die Passivteile (1, 2) im Abstand voneinander mit einander zugewandten Laufflächen angeordnet sind und an beiden Laufflächen wenigstens je ein Antriebsteil zum Anbringen einer Bearbeitungs-(4), Handlings-(19) oder Entsorgungsvorrichtung (6) an diesem Antriebsteil magnetisch aufgehängt ist.
2. Bearbeitungsstand nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß an einer oder beiden Laufflächen mehrere Antriebsteile angeordnet sind.
3. Bearbeitungsstand nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß von den Antriebsteilen ein Antriebsteil an der einen Lauffläche derart gesteuert ist, daß er sich synchron mit einem Antriebsteil an der anderen Lauffläche bewegt.
4. Bearbeitungsstand nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß eine oder beide Laufflächen eine Abdeckung aufweisen, die eine beliebige Bewegung des Antriebsteils entlang der Lauffläche zuläßt.
5. Bearbeitungsstand nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß der Abstand und/oder die Winkelneigung der Laufflächen relativ zueinander verstellbar ist.
6. Bearbeitungsstand nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß wenigstens eine der Laufflächen horizontal angeordnet ist.
7. Bearbeitungsstand nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß das eine Passivteil (1) an der Decke oder der Wand eines umgebenden Gebäudes befestigt ist und das andere Passivteil (2) auf dem Boden des Gebäudes aufgestellt ist.
8. Bearbeitungsstand nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Passivteile (21, 22) zwei einander gegenüberliegende Wände eines transportablen Containers (20) ausbilden.
9. Bearbeitungsstand nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß wenigstens eine der nicht von den Passivteilen gebildeten Wände des Containers abnehmbar ist.
10. Bearbeitungsstand nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß die Versorgungsquelle der Bearbeitungsvorrichtung in einem zweiten Container (30) angeordnet ist.
11. Bearbeitungsstand nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß wenigstens ein Antriebsteil als Bearbeitungsvorrichtung einen Laser aufweist.
12. Bearbeitungsstand nach einem der Ansprüche 1

bis 11, dadurch gekennzeichnet, daß wenigstens ein Antriebsteil eine Laseroptik (4) für die Laserbearbeitung aufweist und ein Laserstrahl von einer Laserquelle über ein verstellbares Strahlführungssystem (15, 17) zu der Laseroptik geleitet wird. 5

13. Bearbeitungsstand nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, daß das Strahlführungssystem einen Gelenkarm mit mehreren im Laserstrahlengang angeordneten 90°-Umlenkspiegeln aufweist, die um die Achse des auf sie jeweils einfallenden bzw. austretenden Laserstrahls schwenkbar sind. 10

14. Bearbeitungsstand nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß wenigstens ein Antriebsteil als Bearbeitungsvorrichtung eine Düse für einen Wasserstrahl aufweist. 15

15. Bearbeitungsstand nach einem der Ansprüche 1 bis 14, dadurch gekennzeichnet, daß wenigstens eine der Bearbeitungsvorrichtungen als Entsorgungsvorrichtung ausgebildet ist, die ein trichterförmigen Bauteil und einen Absaugschlauch (40, 13) aufweist, der mit einem unterhalb eines der Passivteile oder außerhalb des Bearbeitungsstandes angeordneten Absauggebläse verbunden ist. 20

16. Bearbeitungsstand nach einem der Ansprüche 1 bis 14, dadurch gekennzeichnet, daß wenigstens eine der Bearbeitungsvorrichtungen als Entsorgungsvorrichtung ausgebildet ist, wobei die Entsorgungsvorrichtung eine Rutsche (50) aufweist, deren eines Ende schwenkbar an dem Antriebsteil befestigt ist, deren anderes Ende unterhalb des unteren (2) Passivteils oder außerhalb des Bearbeitungsstandes schwenkbar befestigt ist und deren Länge teleskopartig verstellbar ist. 25

17. Bearbeitungsstand nach einem der Ansprüche 1 bis 14, dadurch gekennzeichnet, daß wenigstens eine der Bearbeitungsvorrichtungen als Entsorgungsvorrichtung ausgebildet ist, wobei die Entsorgungsvorrichtung eine Rutsche (50) aufweist, deren eines Ende an dem Antriebsteil befestigt ist, deren anderes Ende außerhalb des Bearbeitungsstandes parallel zum Bearbeitungsstand bewegbar ist und deren Länge teleskopartig verstellbar ist. 30

18. Bearbeitungsstand nach einem der Ansprüche 1 bis 17, dadurch gekennzeichnet, daß an einer der Laufflächen ein Antriebsteil angeordnet ist, das einen Manipulator (19) trägt. 35

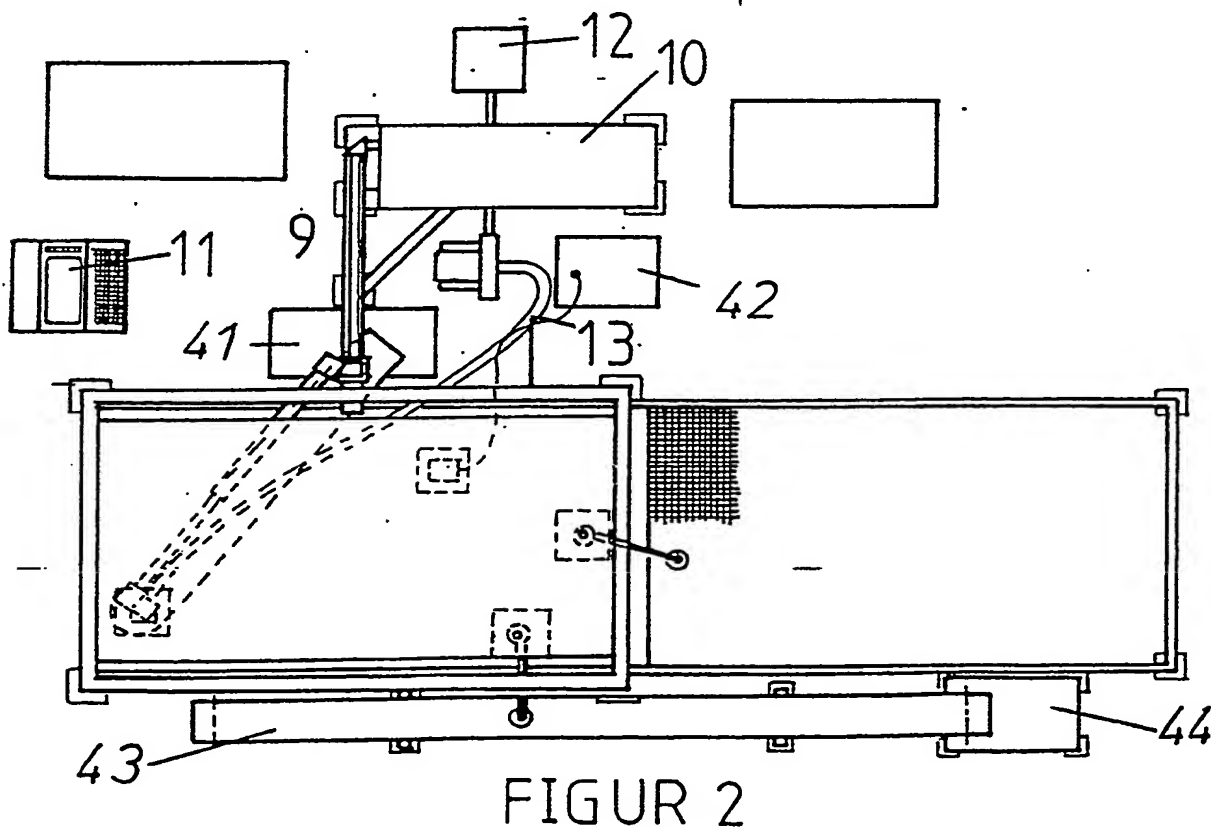
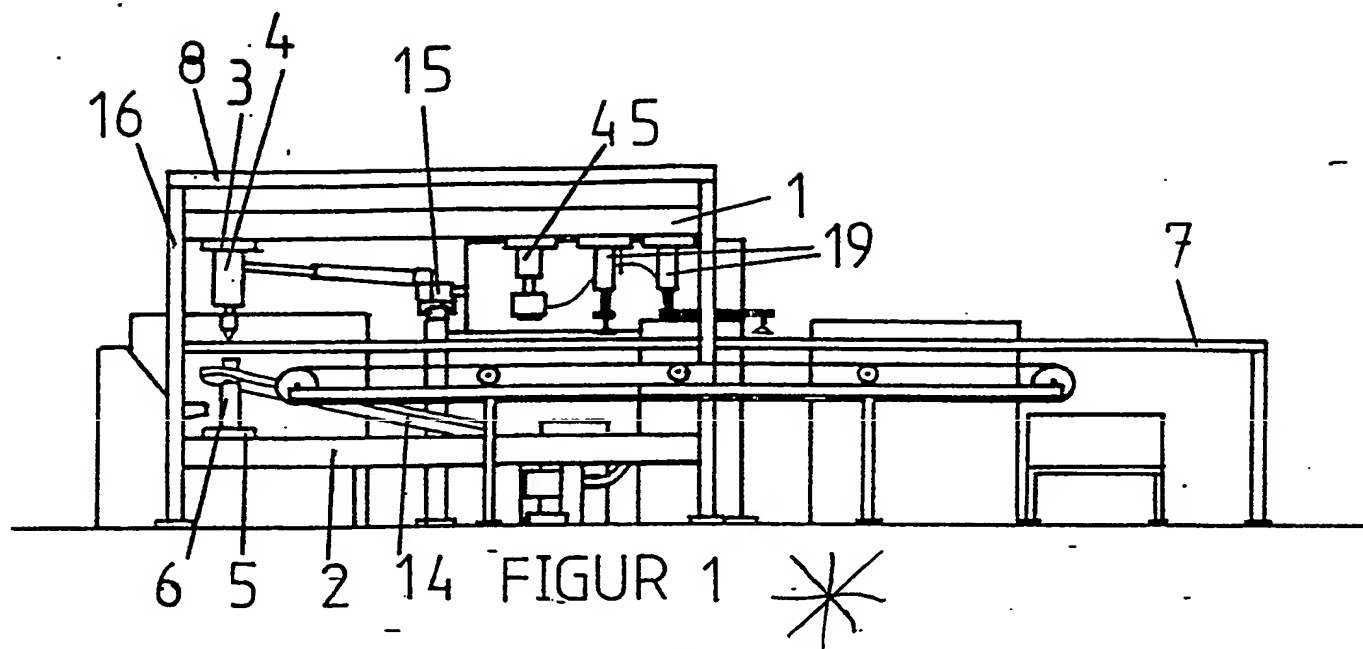
19. Bearbeitungsstand nach einem der Ansprüche 1 bis 18, dadurch gekennzeichnet, daß eine Werkstückauflage vorgesehen ist, die in Führungen bewegbar geführt ist, und daß an wenigstens einem der Antriebsteile ein ausfahrbar antreibbarer Mitnehmer oder ein antreibbarer Manipulator vorgesehen ist, mit dem die Werkstückauflage relativ zu den Laufflächen gesteuert bewegbar ist. 40

Hierzu 8 Seite(n) Zeichnungen 45

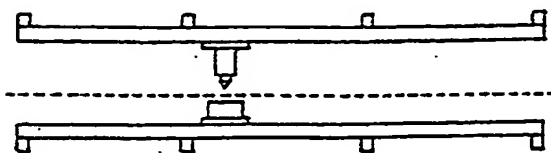
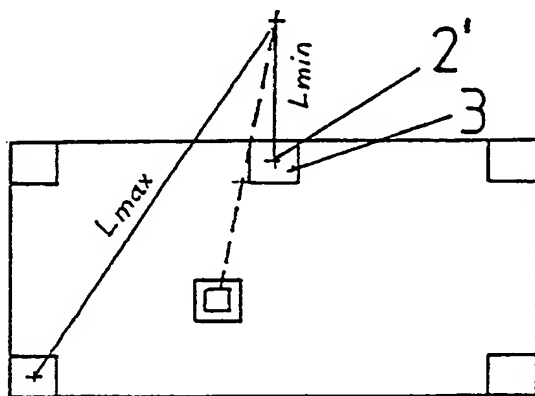
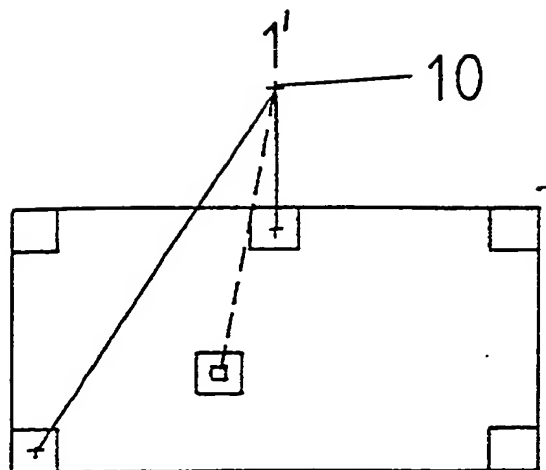
60

65

- Leerseite -

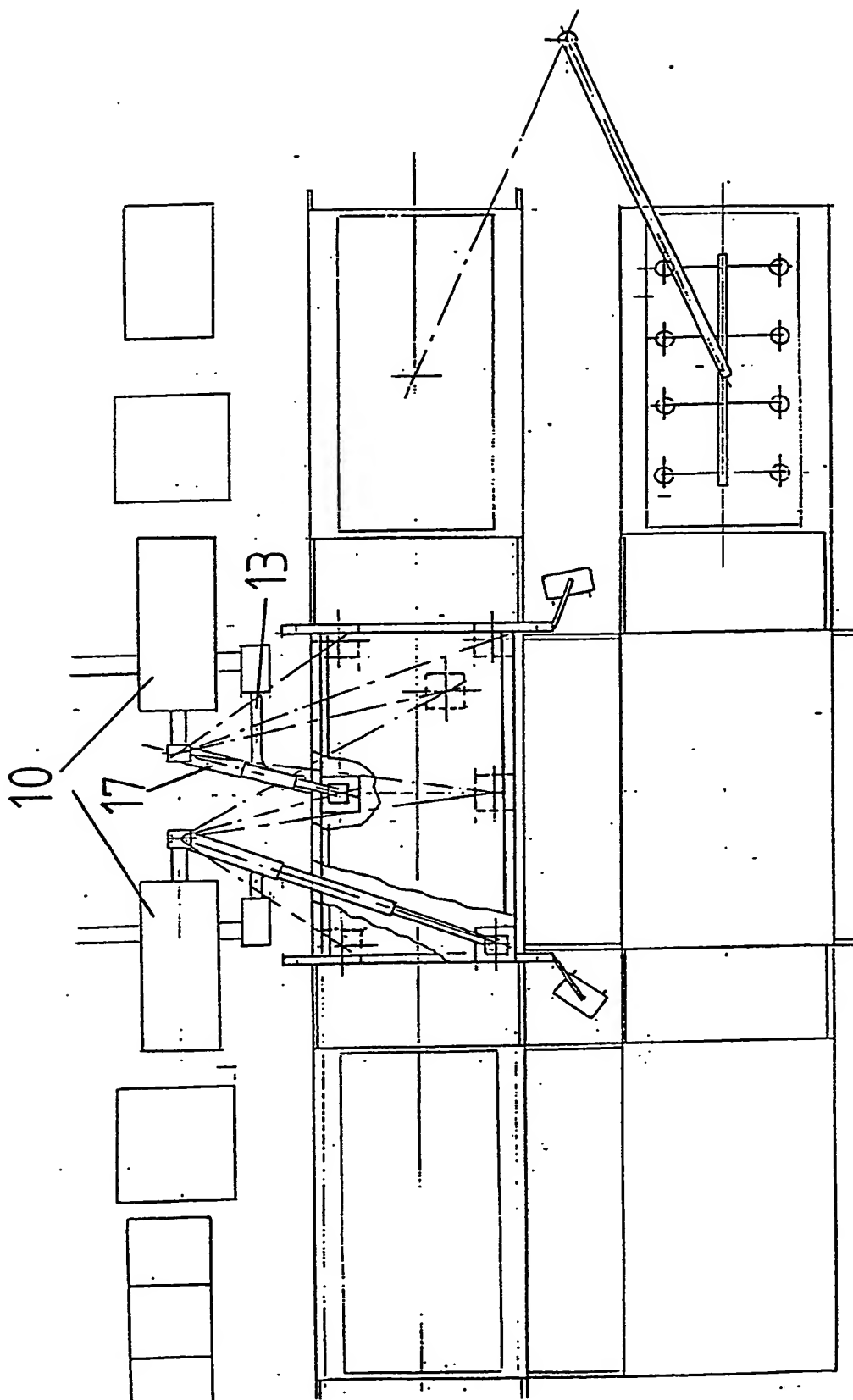


This Page Blank (uspto)



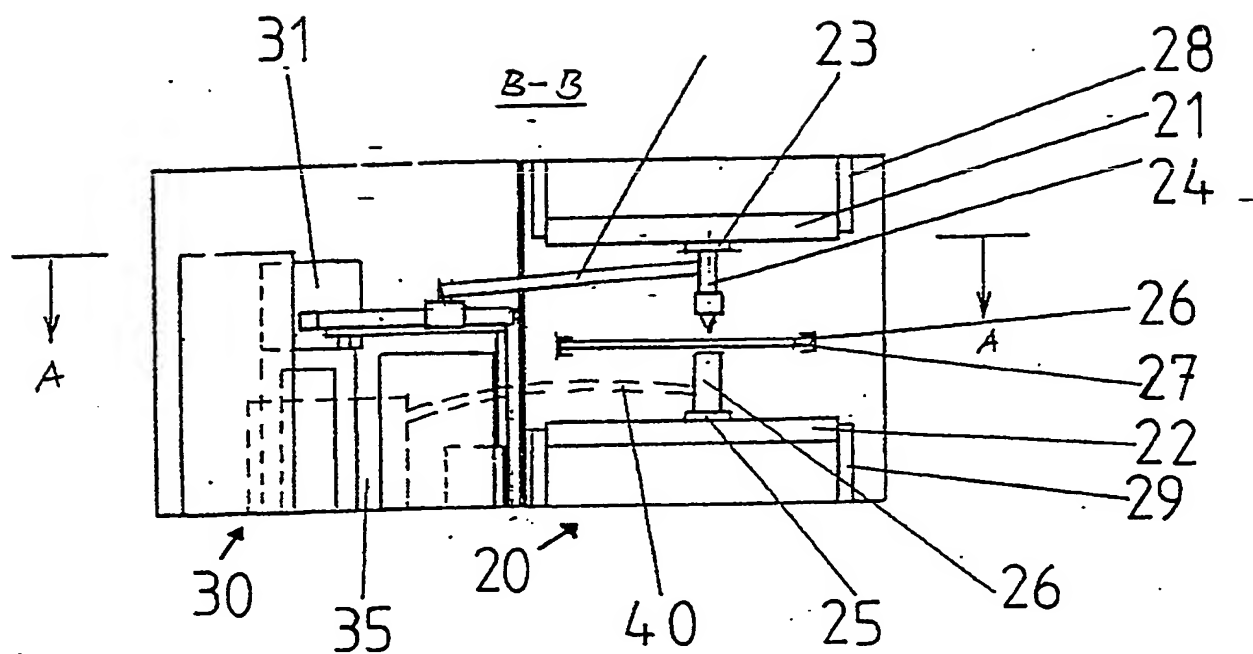
FIGUR 3

Page Blank (uspto)



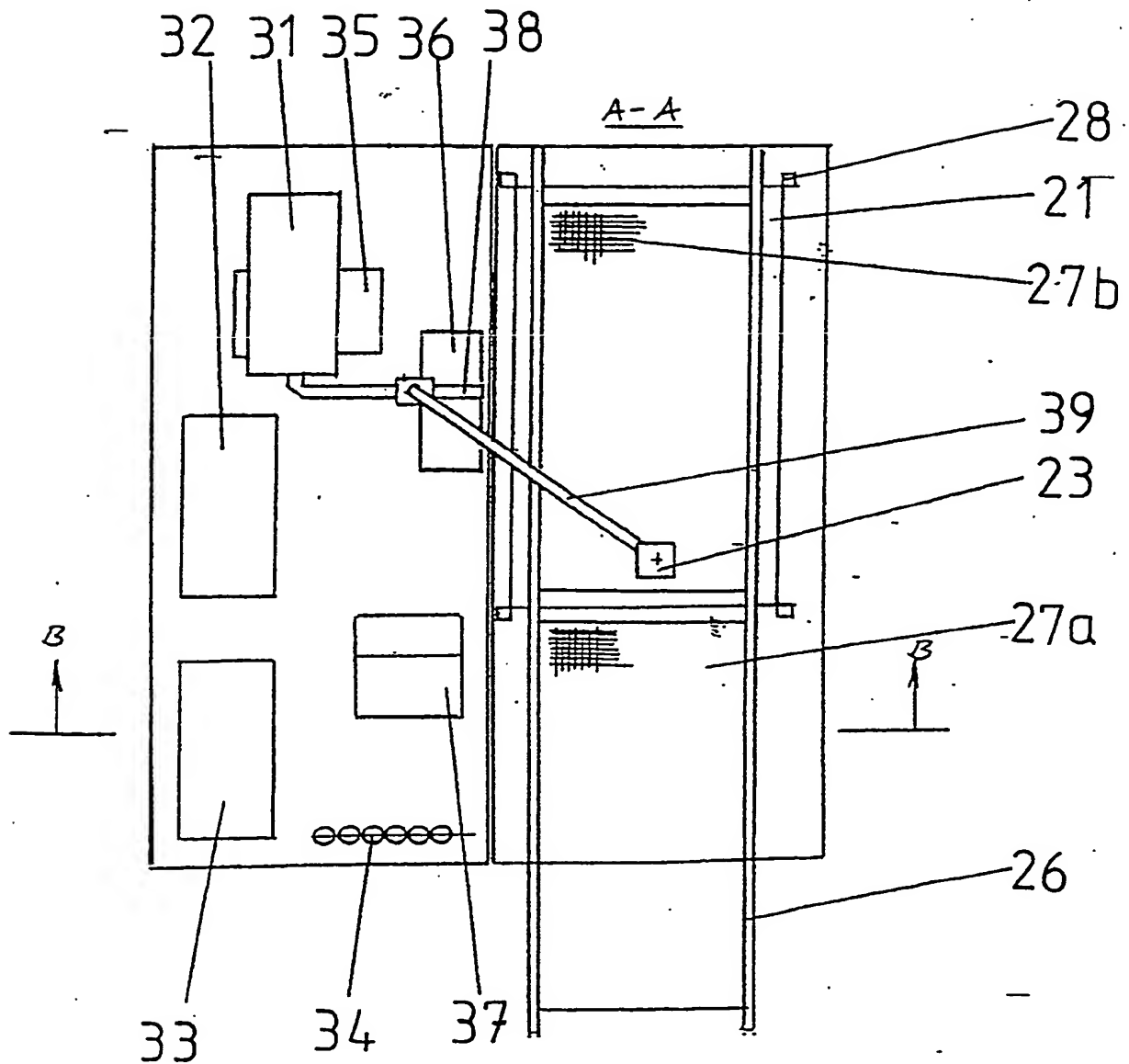
FIGUR 4

This Page Blank (uspto)



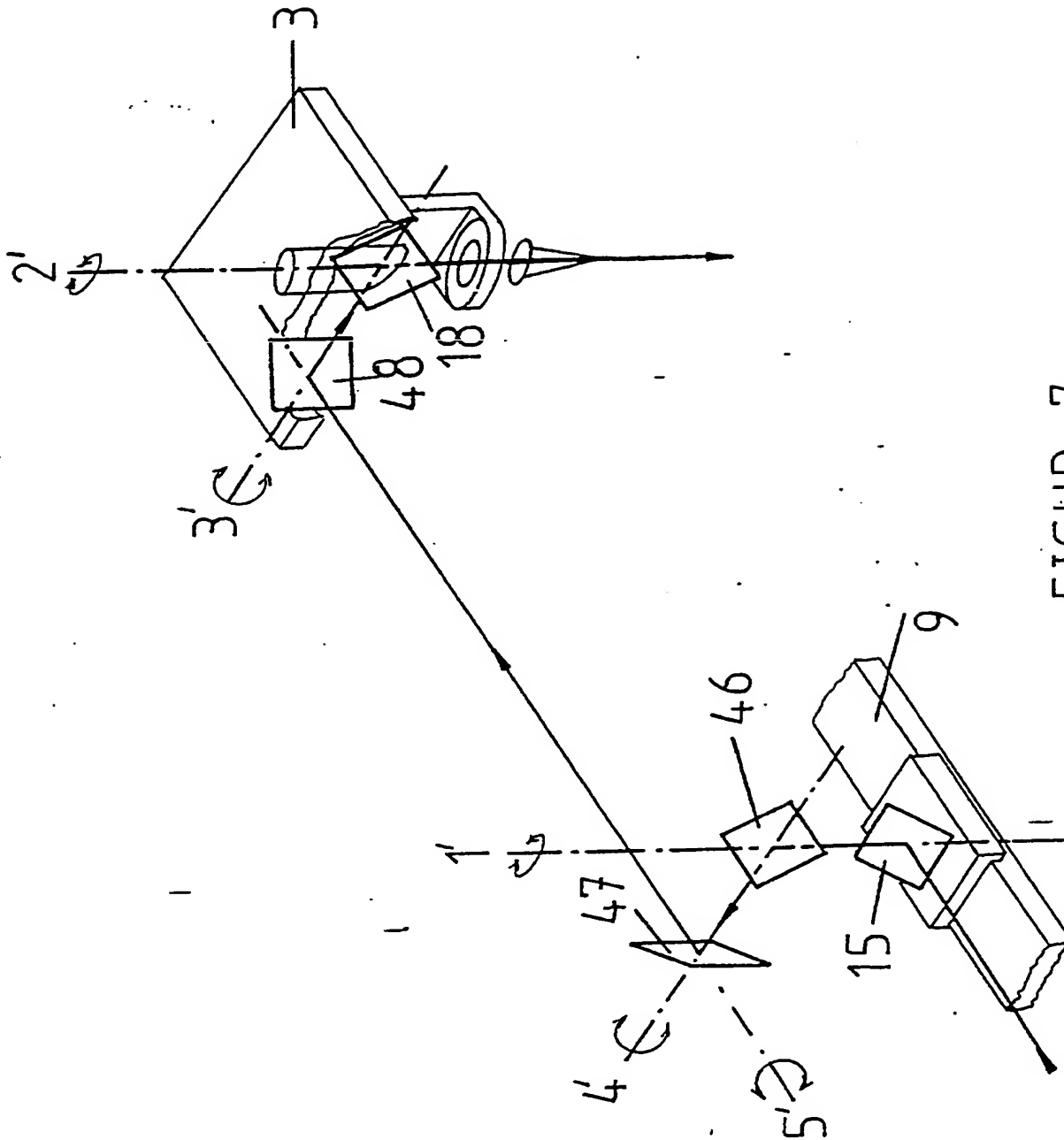
FIGUR 5

This Page Blank (uspto)



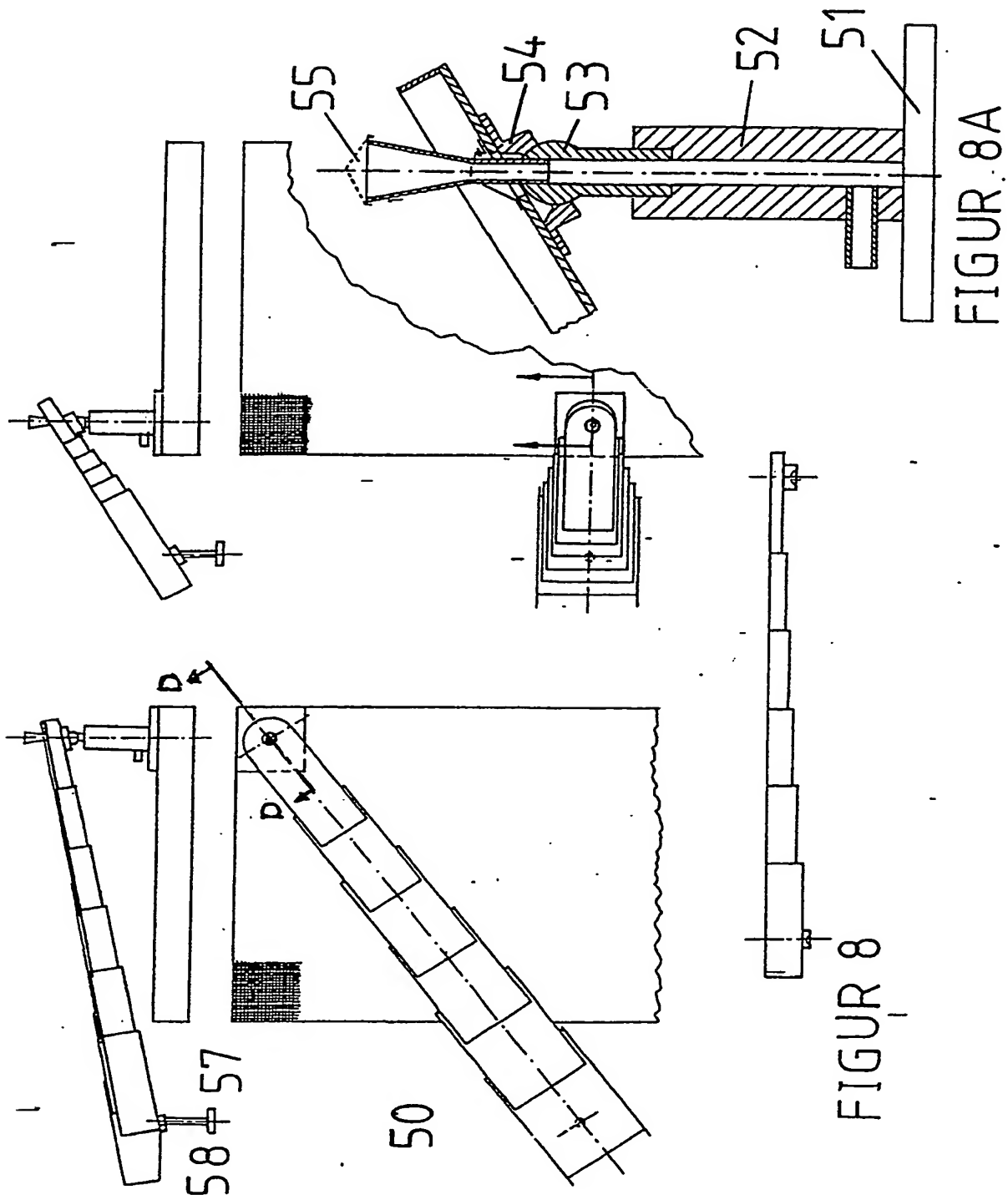
FIGUR 6

inis Page Blank (uspto)

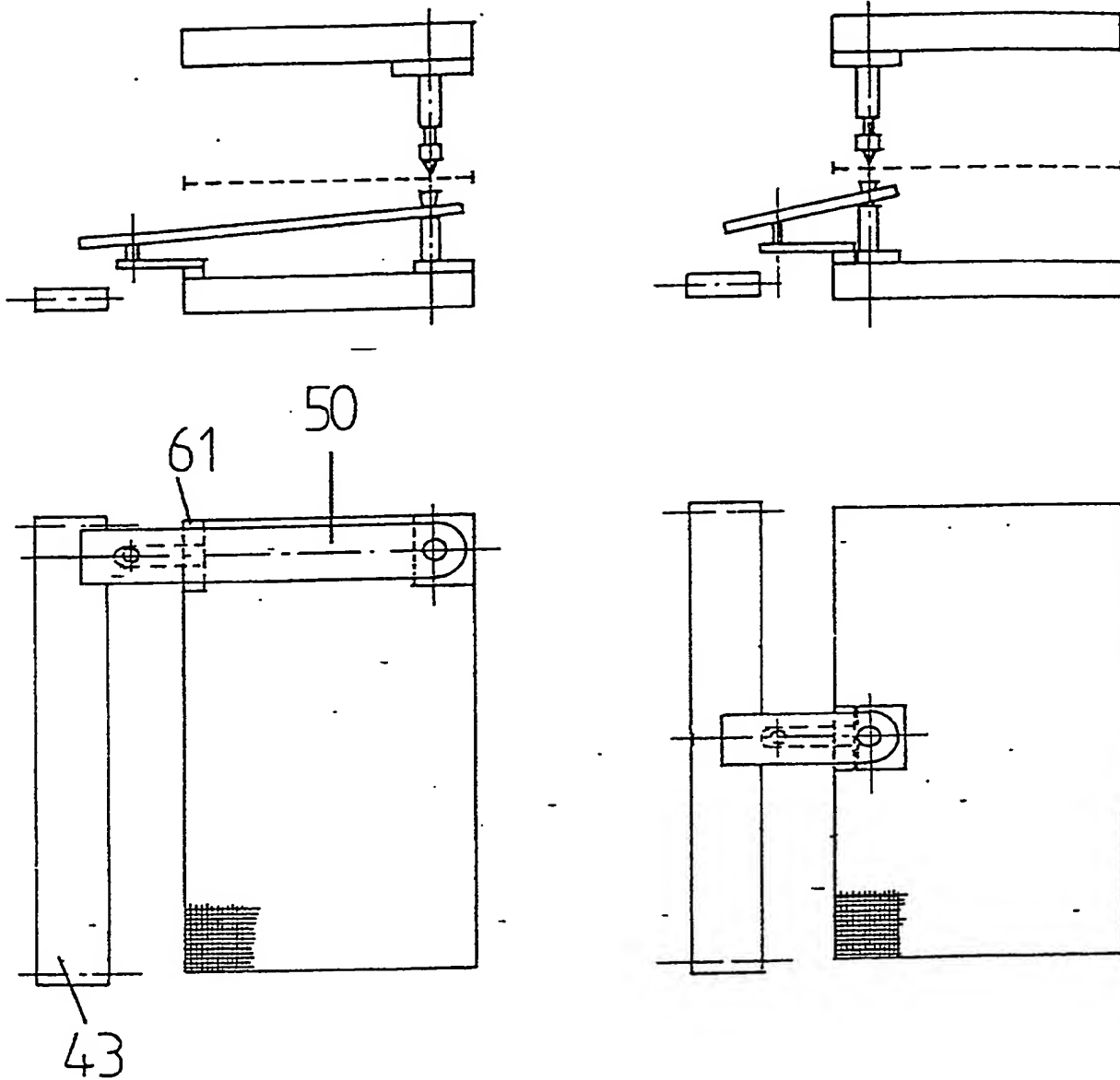


FIGUR 7

This Page Blank (uspto)



this Page blank (uspto)



FIGUR 9



This Page Blank (uspto)

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

☒ **BLACK BORDERS**

☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**

☐ **FADED TEXT OR DRAWING**

☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**

☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**

☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**

☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**

☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**

☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**

☐ **OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.

This Page Blank (uspto)